

## LOCALLY DEGENERATE SEMICONDUCTOR YBCO ELEMENT USING AFM CHIP, SUPERCONDUCTOR YBCO ELEMENT, AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

**Patent number:** JP2001168404  
**Publication date:** 2001-06-22  
**Inventor:** KIN HEIBAN; SO INSO  
**Applicant:** SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD  
**Classification:**  
- **International:** H01L39/24; H01L39/22  
- **European:**  
**Application number:** JP20000336044 20001102  
**Priority number(s):**

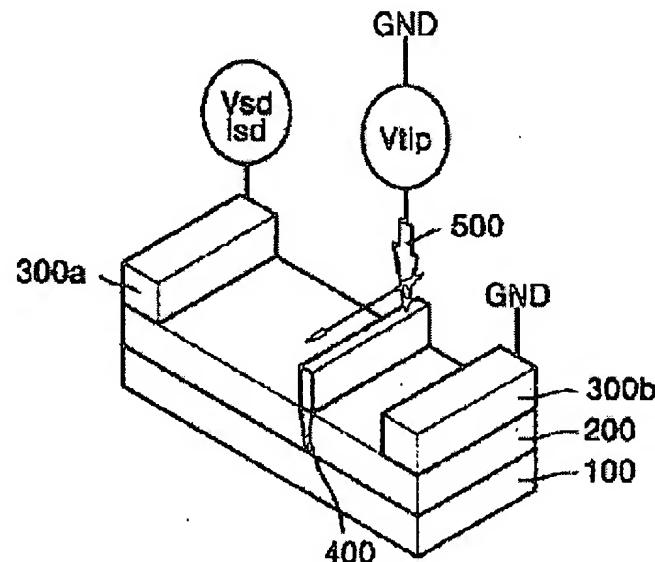
**Also published as:**

US6388268 (B1)

### Abstract of JP2001168404

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a locally degenerated semiconductor YBCO element, using AFM, a superconductor YBCO element, and a manufacturing method thereof, in which a semiconductor YBCO thin film is locally degenerated to an insulator by use of an AFM chip, or a superconductor YBCO film is locally degenerated into a non-superconductor.

**SOLUTION:** In a locally degenerated semiconductor YBCO element using an AFM chip, and a method for manufacturing a locally degenerate superconductor YBCO element, a voltage is applied to a local region of a semiconductor YBCO channel or a superconductor YBCO channel by use of the AFM chip to form an insulator YBCO region or a non-superconductor YBCO region, whereby a tunnel junction is formed without a patterning process through photolithography, and a fining process, such as dry-and/or wet-etching, etc.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-168404

(P2001-168404A)

(43)公開日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(51)Int.Cl<sup>7</sup>H 01 L 39/24  
39/22

識別記号

ZAA  
ZAA

F I

H 01 L 39/24  
39/22

テマコード(参考)

ZAA J  
ZAAA

## 審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願2000-336044(P2000-336044)  
 (22)出願日 平成12年11月2日(2000.11.2)  
 (31)優先権主張番号 99-49417  
 (32)優先日 平成11年11月9日(1999.11.9)  
 (33)優先権主張国 韓国(KR)

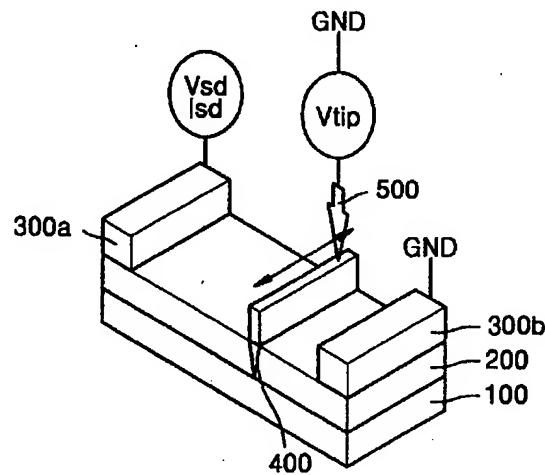
(71)出願人 390019839  
 三星電子株式会社  
 大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416  
 (72)発明者 金炳晚  
 大韓民国京畿道軍浦市衿井洞871  
 -11番地茶山アパート317棟1002号  
 (72)発明者 宋寅相  
 大韓民国ソウル特別市冠岳区奉天1  
 洞963-29番地  
 (74)代理人 100064414  
 弁理士磯野道造

(54)【発明の名称】 AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子及び超伝導体YBCO素子並びにそれらの製造方法

## (57)【要約】

【課題】 AFMチップを用いて半導体YBCO薄膜を絶縁体に局所的に変質させた、あるいは超伝導体YBCO膜を非超伝導体に局所的に変質させた、AFMを用いた局所変質半導体YBCO素子及び超伝導体YBCO素子並びにその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明に係る、AFMチップを用いた、局所変質半導体YBCO素子、及び、局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法は、AFMチップを用いて半導体YBCOチャネル、あるいは、超伝導体YBCOチャネルの局所領域に電圧を印加して絶縁体YBCO領域、あるいは、非超伝導体YBCO領域を形成することにより、フォトリソグラフィ、及び、ドライ及び/またはウェットエッティング等の微細加工によるパターニング工程無しにトンネル接合を形成する。



(2) 001-168404 (P2001-x"HO4

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 MgO基板と、

前記MgO基板上に積層されて形成された半導体である半導体YBCO(イットリウム(Yttrium)-バリウム(Barium)-銅(Copper)-酸素(Oxygen)から構成される酸化物)薄膜と、前記半導体YBCO薄膜にトンネル接合が形成されるよう、このYBCO薄膜を局所的に変質して形成された絶縁体YBCO領域と、前記絶縁体YBCO領域を基準として前記半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつ接続されて成る電極と、を含んで構成されることを特徴とするAFM(AFM: Atomic Force Microscope)チップを用いた局所変質半導体YBCO素子。

【請求項2】 MgO基板上に半導体YBCO薄膜を蒸着法によって形成する段階と、前記半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつの電極(第1電極、第2電極)を形成する段階と、前記第1電極と第2電極の両電極間の前記半導体YBCO薄膜にAFMチップを当接し、このAFMチップと前記電極との間に所定の電圧を印加して局所領域にトンネル接合が形成されるよう、前記AFMチップが当接された局所領域の半導体YBCOを絶縁体YBCOに変質させる段階と、を含んで構成されることを特徴とするAFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法。

## 【請求項3】 MgO基板と、

前記MgO基板上に積層されて形成された超伝導体である超伝導体YBCO薄膜と、前記超伝導体YBCO薄膜にトンネル接合が形成されるよう、この超伝導体YBCO薄膜を局所的に変質して非超伝導性を有するよう形成された非超伝導体YBCO領域と、前記非超伝導体YBCO領域を基準として前記半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつ接続されて構成された電極と、を含んで構成されることを特徴とするAFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子。

【請求項4】 MgO基板上に超伝導体YBCO薄膜を蒸着する段階と、前記超伝導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつの電極(第1電極、第2電極)を形成する段階と、

前記第1電極と第2電極の両電極間の前記超伝導体YBCO薄膜にAFMチップを当接し、このAFMチップと前記電極との間に所定の電圧を印加して局所領域にトンネル接合が形成されるよう前記AFMチップが当接された局所領域の超伝導体YBCOを非超伝導体YBCOに変質させる段階と、を含んで構成されることを特徴とするAFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は導電性原子力顕微鏡(Atomic Force Microscope、以下、「AFM」という。)を用いて、イットリウム(Yttrium)-バリウム(Barium)-銅(Copper)-酸素(Oxygen)から成る酸化物系化合物(以下、「YBCO」という。)から構成される半導体YBCO薄膜を絶縁体に局所的に変質させて、あるいは超伝導体である超伝導体YBCO膜を非超伝導体に局所的に変質させて形成した、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子、及び、超伝導体YBCO素子、並びに、その製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図1は、典型的な半導体YBCO薄膜の電気的特性を示したグラフであり、図2は、典型的な超伝導体YBCO薄膜の電気的特性を示したグラフである。すなわち、図1に示すように、半導体YBCOは温度が下がるにつれて比抵抗(電気抵抗)が大きくなる特性を示す。一方、図2に示す超伝導体YBCOは特定の臨界温度以下で比抵抗(電気抵抗)が0となる超伝導特性を示す。このようなYBCO薄膜の半導体的な性質や、超伝導体的な性質を特徴づける要因として種々の要因が挙げられる。

【0003】これらの要因の一つに、図3に示す実験結果においても明らかのように、YBCO薄膜は、酸素(O)の含有量に対応して半導体的な性質、及び、超伝導的な性質のいずれか一方に特徴づけられる。すなわち、図3は、化学式が $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ で表わされるTBCO薄膜において、 $y=7-x$ としたとき、このパラメータyの値に依存して変化する電気的特性を示すものである。図3の実験結果によれば、前記パラメータyが、 $y \leq 6.3$ の条件を満たせば、前記YBCO薄膜は半導体的な性質を示し、その一方で、 $y \geq 6.5$ であれば前記YBCO薄膜は超伝導性を有するとされている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このようなYBCO薄膜を含む物質は化学的に比較的敏感なため、乾燥工程または化学的エッチング工程を通して、所望のトンネル接合を形成することが容易ではなく、しかも、このようにして形成された前記トンネル接合間の特性は不均一となり易いため、所定以上の特性を有する前記YBCO薄膜を大量に生産することは極めて難しくなっている。このため、前記YBCO薄膜に電気的、あるいは物理的に局所変質を生じさせて所望の特性を付与することができるようなプランナーパターニング(planer patterning: 平面パターン化)方式を採用した技術の確立が求められている。

【0005】本発明は上記事情に鑑みて成されたものであり、本発明の第1の目的は、YBCO薄膜の局所部分の物質を、電気的手法を用いて変質させることによって

## (3) 001-168404 (P 2001-04)

局所変質された、AFMチップを用いた半導体YBCO素子、及び、その製造方法を提供することにある。

【0006】また、本発明の第2の目的は、YBCO薄膜の局所部分の物質を、電気的手法を用いて変質させることによって局所変質された、AFMチップを用いた超伝導体YBCO素子、及び、その製造方法を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の請求項1に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子は、MgO基板と、前記MgO基板上に積層されて形成された半導体YBCO(イットリウム(Yttrium)-バリウム(Barium)-銅(Copper)-酸素(Oxygen)から構成される酸化物)薄膜と、前記半導体YBCO薄膜にトンネル接合が形成されるように、このYBCO薄膜を局所的に変質して形成された絶縁体YBCO領域と、前記絶縁体YBCO領域を基準として前記半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつ接続されて成る電極とを含んで構成されることを特徴とする。

【0008】また、前記目的を達成するために、本発明の請求項2に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法は、MgO基板上に半導体YBCO薄膜を蒸着法によって形成する段階と、前記半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつの電極(第1電極、第2電極)を形成する段階と、前記第1電極と第2電極の両電極間の前記半導体YBCO薄膜にAFMチップを当接し、このAFMチップと前記電極との間に所定の電圧を印加して局所領域にトンネル接合が形成されるように、前記AFMチップが当接された局所領域の半導体YBCOを絶縁体YBCOに変質させる段階とを含んで構成されることを特徴とする。

【0009】さらに、前記目的を達成するために、本発明の請求項3に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子は、MgO基板と、前記MgO基板上に積層されて形成された超伝導体である超伝導体YBCO薄膜と、前記超伝導体YBCO薄膜にトンネル接合が形成されるように、この超伝導体YBCO薄膜を局所的に変質して非超伝導性を有するように形成された非超伝導体YBCO領域と、前記非超伝導体YBCO領域を基準として前記半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつ接続されて構成された電極とを含んで構成されることを特徴とする。

【0010】そして、前記目的を達成するために、本発明の請求項4に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法は、MgO基板上に超伝導体YBCO薄膜を蒸着する段階と、前記超伝導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつの電極(第1電極、第2電極)を形成する段階と、前記第1電極と第2電極の両電極間の前記超伝導体YBCO薄膜にAFMチップ

を当接し、このAFMチップと前記電極との間に所定の電圧を印加して局所領域にトンネル接合が形成されるよう前記AFMチップが当接された局所領域の超伝導体YBCOを非超伝導体YBCOに変質させる段階とを含んで構成されることを特徴とする。

【0011】請求項1から請求項4のように構成すれば、AFMチップを用いて、半導体YBCO素子、または、超伝導体YBCO素子にそれぞれ含まれる、半導体YBCOチャネル、あるいは、超伝導体YBCOチャネルの局所領域に所定の電圧を印加することにより、それぞれ所望の領域に絶縁体YBCO領域、あるいは、非超伝導体YBCO領域を形成することができ、半導体YBCO薄膜、または、超伝導体YBCO薄膜にトンネル接合を容易に形成することができるようになる。

## 【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面に基づき、本発明に係る、AFMチップを用いた、局所変質半導体YBCO素子、及び、局所変質超伝導体YBCO素子、並びに、その製造方法を詳細に説明する。なお、本発明はこの実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく限りにおいて、適宜に変更することが可能である。

【0013】図4は、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の概略的な構造を模式的に示す斜視図である。図4に示すように、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子は、基本的にMgO基板10と、このMgO基板10上に積層された半導体YBCO薄膜20及び二つの電極30a、30bを具備して成る。

【0014】本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の特徴は、半導体YBCO薄膜20にトンネル接合が形成されるように、局所的に変質された絶縁体YBCO領域40を有することにある。ここで、半導体YBCO薄膜20の特性は、図1に示すような比抵抗-温度(R-T)曲線によって特徴づけられるものである。すなわち、図1に示すような半導体YBCO薄膜20の比抵抗-温度(R-T)曲線は、温度が下がるに伴い、図2に示すような超伝導遷移の徵候が発現することなしに比抵抗が急増するという特性を有する。なお、電極30a、30bは、絶縁体YBCO領域40を基準として半導体YBCO薄膜20の両側縁部に各々一つずつ接続されて構成されている。

【0015】このように構成される、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法を図5に示す。図5に示すように、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法は、既存の技術の問題点を解消するために、AFMチップを用いてYBCO薄膜を局所的に変質させるものである。その製造過程は、例えば、以下の通りに構成される。

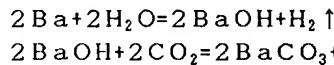
【0016】まず、MgO基板100上に半導体YBC

## (4) 001-168404 (P 2001-U04)

O薄膜200を蒸着する。続いて、半導体YBCO薄膜の両側縁部に各々一つずつの電極300a (Vsd Isd)、300b (GND) を形成する。

【0017】次に、両電極間の半導体YBCO薄膜200にAFMチップを当接してこのAFMチップ (Vtip) 500と前記電極300a (Vsd Isd)、300b (GND)との間に所定の電圧を印加し、AFMチップ (Vtip) 500の当接された局所領域の半導体YBCO薄膜200を絶縁体YBCOに変質させる。このようにすれば、AFMチップ (Vtip) 500が当接された半導体YBCO薄膜200の局所領域にトンネル接合が形成される。

【0018】ここで、半導体YBCO薄膜200の局所領域を、AFMチップ (Vtip) 500を用いて所要の絶縁体YBCOに変質させる工程は、真空下にある真空中チャンバ内ではなく、適宜に湿気 ( $H_2O$ ) 及び炭酸ガス ( $CO_2$ ) を含むような大気中で行うことを必要とする。その理由は、半導体YBCO薄膜200の局所領域にAFMチップ (Vtip) 500を用いて所定の電圧を印加すると、図6に示すようなメカニズムによって絶縁体YBCOに変質される際に、水 ( $H_2O$ ) 及び炭酸ガス ( $CO_2$ ) が使用されることによる。



… (1)

【0022】一方、図7は、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の概略的な構造を模式的に示す斜視図である。図7に示すように、本発明に係る、AFMチップ (Vtip) 500を用いた局所変質超伝導体YBCO素子は、基本的にMgO基板100と、このMgO基板100上に積層されて形成された超伝導体YBCO薄膜200及び電極300a (Vsd Isd)、300b (GND) を具備して成る。

【0023】本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の特徴は、超伝導体YBCO薄膜200にトンネル接合が形成されるように、局所的に変質した非超伝導体YBCO領域400を有することにある。ここで、超伝導体YBCO薄膜200は、図2に示すような比抵抗—温度 (R-T) 曲線によって特徴づけられるものである。すなわち、図2に示すように超伝導体YBCO薄膜200の比抵抗—温度 (R-T) 曲線は、温度の低下に伴って比抵抗 (電気抵抗) が減少し、臨界温度 (約86K) 以下で比抵抗 (電気抵抗) が突然、0となる特性を示す。電極300a (Vsd Isd)、300b (GND) は、非超伝導体YBCO領域400を基準として半導体YBCO薄膜200の両側縁部に各々一つずつ接続されて成る。

【0024】このように構成されるAFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法を図8に示す。図8に示すように、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の一例の製造方法

【0019】図6は、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法で開示される、半導体YBCO薄膜200の局所領域を絶縁体YBCOに変質させる一例の変質過程を模式的に示す図である。この変質過程は、具体的には、AFMチップを使って半導体YBCO薄膜200に電圧を印加すると、電圧が印加された半導体YBCO薄膜200の領域の最表面に存在するバリウム (Ba) イオンが大気中の水分 ( $H_2O$ ) 及び炭酸ガス ( $CO_2$ ) と電気化学反応して半導体YBCO領域上に炭酸バリウム ( $BaCO_3$ ) を局部的に形成する。

【0020】引き続いて、電場誘導拡散 (Field induced diffusion) によって、半導体YBCO薄膜200に含まれる格子中のBaイオンが、前記電気化学反応が生じている表面に向けて移動する。この移動したBaイオンは大気中の $H_2O/CO_2$ と再び反応し、これが繰り返されて表面に形成されたBaCO<sub>3</sub>が次第に成長する。このような過程を通じて、局所領域のBa内容物が局部的に変質された半導体YBCO薄膜は、絶縁体YBCOに変質される。このような過程は、下記化学式(1)のように表わされる。

【0021】

は、前述した既存の技術の問題点を解消するために、AFMチップ (Vtip) 500を用いて超伝導体YBCO薄膜200を局所的に変質せるものである。その製造過程は、例えば、以下の通りに構成される。

【0025】まず、MgO基板100上に超伝導体YBCO薄膜200を蒸着する。続いて、超伝導体YBCO薄膜200の両側縁部に各々一つずつの電極300a (Vsd Isd)、300b (GND) を形成する。次に、これら両電極300a (Vsd Isd)、300b (GND) 間の超伝導体YBCO薄膜200にAFMチップ (Vtip) 500を当接して、このAFMチップ (Vtip) 500と前記両電極300a (Vsd Isd)、300b (GND)との間に所定の電圧を印加してAFMチップ (Vtip) 500の当接された局所領域の超伝導体YBCO薄膜200を非超伝導体YBCOに変質させる。このようにすれば、AFMチップ (Vtip) 500の当接された超伝導体YBCO薄膜200の局所領域にトンネル接合が形成される。

【0026】ここで、このような超伝導体YBCO薄膜200の局所領域を、AFMチップ (Vtip) 500を用いて非超伝導体YBCOに変質させる工程は、真空下にある真空中チャンバ内ではなく、適宜な湿気 ( $H_2O$ ) 及び炭酸ガス ( $CO_2$ ) が存在する大気中で行うこと必要とする。この理由は、超伝導体YBCO薄膜200の局所領域にAFMチップ (Vtip) 500を用いて所定の電圧を印加すると、図9に示すメカニズムに

## (5) 001-168404 (P 2001-804)

よって非超伝導体YBCOに変質されるからである。

【0027】図9は、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法で開示される、超伝導体YBCO薄膜の局所領域を非超伝導体YBCOに変質させる変質過程を示す模式図である。AFMチップ(Vtip)を用いて超伝導体YBCOに所定の電圧を印加すると、この電圧が印加された超伝導体YBCO領域の最表面に存在するバリウムイオン(Ba)が大気中の水(H<sub>2</sub>O)及び炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)と電気化学反応を生じて超伝導体YBCO薄膜の表面に炭酸バリウム(BaCO<sub>3</sub>)が局部的に形成される。

【0028】引き続いて、電場誘導拡散により、超伝導体YBCO薄膜の格子中のバリウムイオン(Ba)が、前記電気化学反応が生じている表面に向けて移動する。このように移動したBaイオンは大気中のH<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub>と再び反応し、これが繰り返されて超伝導体YBCO薄膜の表面に形成されたBaCO<sub>3</sub>が次第に成長する。このような過程を通じて、局所領域のBa内容物が局部的に変質された超伝導体YBCOは非超伝導体YBCOに変質される。このような過程は、前記したAFMチップを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法のときと同様に、前記化学式(1)で表わされる。

## 【0029】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明は、この実施例のみに限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく限りにおいて、適宜に変更することが可能である。図10は本発明に係る、AFMチップを用いた、局所変質半導体YBCO薄膜、または、局所変質超伝導体YBCO薄膜に、AFM変調を加えて、各々のコンダクタンスを測定した結果を示すグラフであって、曲線(a)は本発明に係る局所変質半導体YBCO薄膜のコンダクタンスを測定した結果を示すグラフであり、曲線(b)は本発明に係る局所変質超伝導体YBCO薄膜のコンダクタンスを測定した結果を示すグラフである。

【0030】また、図11(A)に、本発明に係る局所変質半導体YBCO薄膜にAFM変調を加えた後の局所変質半導体YBCO薄膜の断面走査型電子顕微鏡(SEM)写真である。図6に示す本発明に係る局所変質半導体YBCO薄膜の変質過程の模式図を参照して説明したように、図11(A)に示す局所変質半導体YBCO薄膜の断面走査型電子顕微鏡(SEM)写真には、この局所変質半導体YBCO薄膜の表面に、約20nmの高さを有する“継模様”が形成されており、本発明者等が、この“継模様”的部分の元素分析(EPMA: electron probe microanalysis)を行ったところ、この“継模様”的部分はBaCO<sub>3</sub>から成ることが判明した。

【0031】したがって、図10の曲線(a)に示されているように、本発明に係る局所変質半導体YBCO薄

膜のストリップコンダクタンスが測定限界値以下に急激に低下している現象は、図6に示す本発明に係る局所変質半導体YBCO薄膜の変質過程の模式図を参照して説明したように、図11(A)に示されるこの“継模様”的下部に位置していた半導体YBCOが絶縁体YBCOに変質された結果として現れた現象であると考えられる。

【0032】また、図11(B)は、本発明に係る局所変質超伝導体YBCO薄膜にAFM変調を加えた後の断面走査型電子顕微鏡(SEM)写真である。図9に示す本発明に係る局所変質超伝導体YBCO薄膜の変質過程の模式図を参照して説明したように、この局所変質超伝導体YBCO薄膜の表面には約100nmの高さを有する“継模様”が形成されており、本発明者等が、この“継模様”的部分の元素分析(EPMA: electron probe microanalysis)を行ったところ、この“継模様”的部分はBaCO<sub>3</sub>から成ることが判明した。

【0033】したがって、図10の曲線(b)に示されているように、本発明に係る局所変質超伝導体YBCO薄膜のストリップコンダクタンスにほとんど変化が見られない現象は、図9に示す本発明に係る局所変質超伝導体YBCO薄膜の変質過程の模式図を参照して説明したように、“継模様”的下部に位置していた超伝導体YBCO薄膜が非超伝導体YBCO薄膜に変質された結果として現れた現象であると考えられる。

【0034】次に、本発明に係る、AFMチップを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法によって作製した局所変質超伝導体YBCO薄膜の変質度、及び、変質された超伝導体YBCO薄膜の電気的特性をより詳細に調べるために、変質前、及び、変質後の比抵抗と温度について測定を行い、比抵抗-温度(R-T)の特性を調べてこれらを比較してみた。その結果を図12に示す。

【0035】図12は超伝導体YBCO薄膜の変質前及び変質後の電気的特性(比抵抗-温度特性)を測定したグラフである。そして、図12の曲線(a)は変質前の超伝導特性を、そして図12の曲線(b)は変質後の比超伝導特性を各々示す。変質前の比抵抗-温度(R-T)曲線を参照すると、65K以下では抵抗がほとんどみられないのに対し、変質後の比抵抗-温度(R-T)曲線をみると、10Kでも電気抵抗が存在することが分かる。

【0036】この現象は、超伝導体YBCOから非超伝導体YBCOへの変質が超伝導体YBCO薄膜の表面の下から生じたことを意味している。また、85K以上では、変質前、及び、変質後の比抵抗-温度(R-T)曲線がほぼ一致していることから、変質された超伝導体YBCOの電気伝導度が変質される前の超伝導体YBCO薄膜の電気伝導度に類似していることが分かる。

## 【0037】

!(6) 001-168404 (P2001-@t04

【発明の効果】以上述べたように、本発明に係る、AFMチップを用いた、局所変質半導体YBCO素子、及び、局所変質超伝導体YBCO素子、並びに、それらの製造方法によれば、AFMチップを用いて、半導体YBCO素子、または、超伝導体YBCO素子に含まれる半導体YBCOチャネル、あるいは、超伝導体YBCOチャネルの局所領域に所定の電圧を印加して、それぞれ絶縁体YBCO領域、あるいは、非超伝導体YBCO領域を形成することにより、フォトリソグラフィ、及び、ドライ及びウェットエッティングの両方またはいずれか一方を含む微細加工(micro fabrication)によるパターニング工程を行うこと無く、半導体YBCO薄膜、または、超伝導体YBCO薄膜にトンネル接合を容易に形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】典型的な半導体YBCO薄膜の電気的特性を示したグラフである。

【図2】典型的な超伝導体YBCO薄膜の電気的特性を示したグラフである。

【図3】YBCO薄膜においてOの含量による電気的な特性を示したグラフ、即ち、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 薄膜において $y=7-x$ としたとき、このパラメータ $y$ 値の変化による電気的な特性を示したグラフである。

【図4】本発明に係る、AFMを用いた局所変質半導体YBCO素子の概略的な構造を示した斜視図である。

【図5】図4のAFMを用いた局所変質半導体YBCO素子の製造方法を説明するための図である。

【図6】図5のAFMを用いた局所変質半導体YBCO  
素子の製造方法により半導体YBCOの変質過程を示す。

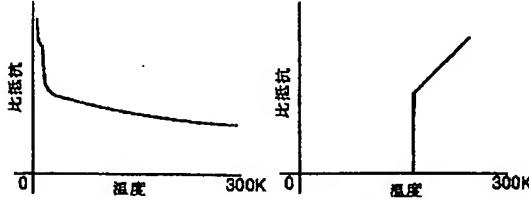
【図7】本発明に係る、AFMを用いた局所変質超伝導

体YBCO素子の概略的な構造を示した斜視図である。

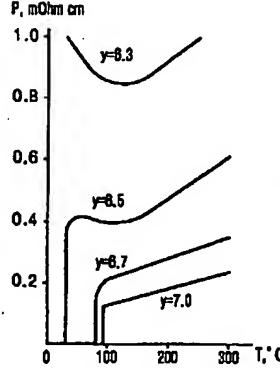
【図1】

【図2】

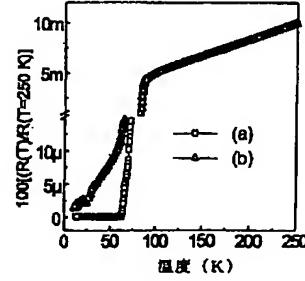
【圖 1】



【图2】



〔図3〕



〔図12〕

【図8】図7のAFMを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法を説明するための図である。

【図9】図8のAFMを用いた局所変質超伝導体YBCO素子の製造方法により超伝導体YBCOの変質過程を示した模式図である。

【図10】AFM変調を加える間に、半導体YBCO薄膜及び超伝導体YBCO薄膜のコンダクタンスを示したグラフであって、曲線(a)は半導体YBCO薄膜のコンダクタンスを測定したグラフであり、曲線(b)は超伝導体YBCO薄膜のコンダクタンスを測定したグラフである。

【図11】図11（A）は、ATM変調を加えた後の半導体YBCO薄膜の断面走査型顕微鏡(SEM)写真である。図11（B）は、AFM変調を加えた後の超伝導体YBCO薄膜の断面走査型顕微鏡(SEM)写真である。

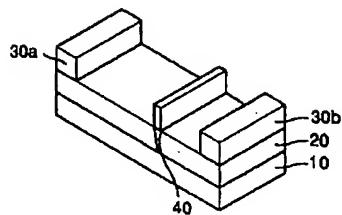
【図12】超伝導体YBCO薄膜の局所変質前、及び、局所変質後の電気的特性（比抵抗一温度特性）を測定したグラフであって、曲線（a）は局所変質前の超伝導特性を示したグラフであり、曲線（b）は局所変質後の非超伝導特性を示したグラフである。

## 【符号の説明】

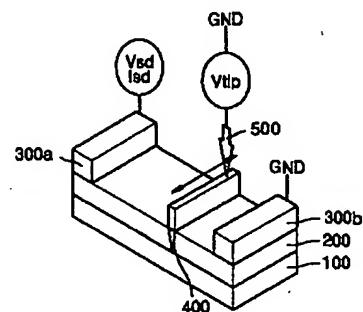
10 MgO基板  
 20 半導体YBCO薄膜  
 30a, 30b 電極  
 40 絶縁体YBCO領域  
 100 MgO基板、  
 200 半導体YBCO薄膜  
 300a、300b 電極  
 400 非超伝導体YBCO薄膜  
 500 AFMチップ

(7) 001-168404 (P 2001-\$腺娃

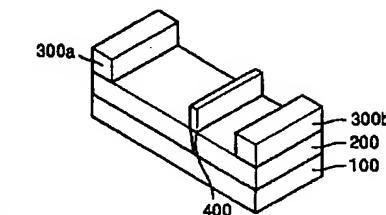
【図4】



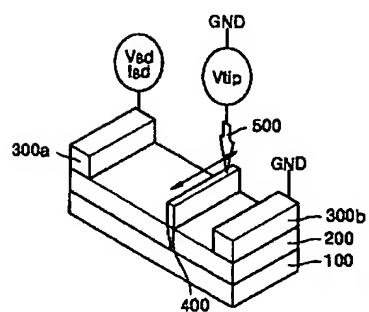
【図5】



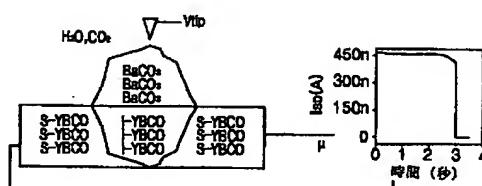
【図7】



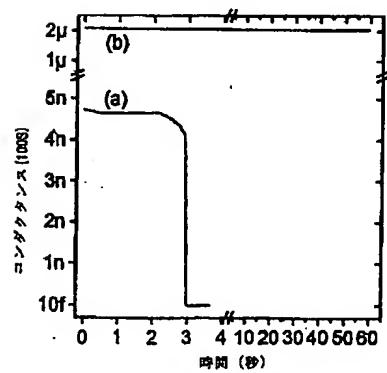
【図8】



【図9】



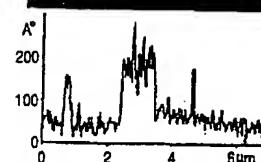
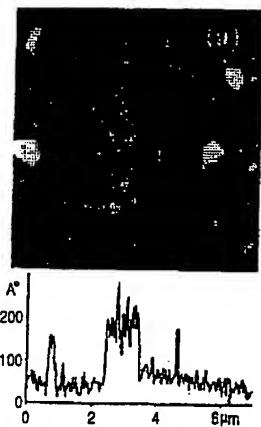
【図10】



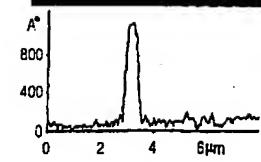
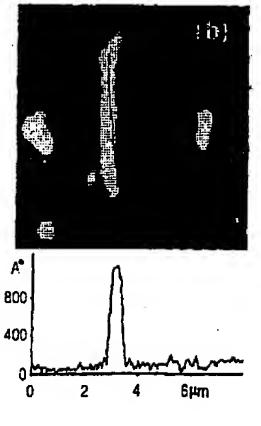
(8) 001-168404 (P2001-/ 娃

【図11】

(A)



(B)



BEST AVAILABLE COPY